

**Metode uji kekuatan lentur beton
(menggunakan balok sederhana dengan beban
terpusat di tengah bentang)**

***Standard test method for flexural strength of concrete
(using simple beam with center-point loading)***

(ASTM C293/C293M-10, IDT)



© ASTM 2010 – All rights reserved

© BSN 2014 untuk kepentingan adopsi standar © ASTM menjadi SNI – Semua hak dilindungi

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN
Gd. Manggala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar Isi

Daftar Isi	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1. Ruang lingkup.....	1
2. Acuan normatif.....	1
3. Arti dan kegunaan.....	2
4. Peralatan	2
5. Pengujian.....	3
6. Prosedur	4
7. Pengukuran spesimen setelah pengujian.....	5
8. Perhitungan	5
9. Laporan.....	6
10. Presisi dan bias	6
11. Kata kunci	7

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang Metode uji kekuatan lentur beton (menggunakan balok sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang) merupakan revisi dari SNI 03-4154-1996, Metode pengujian kuat lentur beton dengan balok uji sederhana yang dibebani terpusat langsung. Standar ini merupakan hasil adopsi identik dari ASTM C293/C293M-10, *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)*.

Standar ini dipersiapkan oleh Panitia Teknik 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Bahan Bangunan pada Sub Panitia Teknis 91-01-S4 Bahan, Sains, Struktur dan Konstruksi Bangunan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti PSN Nomor 08:2007 dan telah dibahas dalam Rapat Konsensus pada tanggal 3 Juni 2013 di Bandung oleh Sub Panitia Teknis 91-01-S4 Bahan, Sains, Struktur dan Konstruksi Bangunan yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.



Pendahuluan

Standar ini digunakan untuk menentukan modulus runtuh spesimen yang telah disiapkan dan dirawat sesuai dengan ASTM C31/C31M atau ASTM C192/C192M.

Hasil dari metode uji ini dapat digunakan untuk menentukan kesesuaian terhadap spesifikasi atau sebagai dasar untuk menentukan proporsi, mencampur dan melaksanakan pengecoran.

Dengan adanya standar ini, maka diharapkan dapat menentukan kekuatan lentur spesimen beton menggunakan balok sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang.

Standar ini membahas peralatan yang digunakan, pengujian, prosedur, pengukuran specimen setelah pengujian, perhitungan modulus runtuh, dan informasi yang harus disampaikan dalam laporan.



Metode uji kekuatan lentur beton (menggunakan balok sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang)

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)

1. Ruang lingkup

1.1 Standar ini meliputi penentuan kekuatan lentur spesimen beton menggunakan balok sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang. Standar ini bukan merupakan alternatif ASTM C78/C78M.

1.2 Nilai-nilai dinyatakan dalam satuan SI atau satuan *inch-pound* adalah dianggap terpisah sebagai standar. Nilai-nilai dinyatakan dalam setiap sistem tidak dapat persis sama; karena itu, setiap sistem harus digunakan secara terpisah satu dengan yang lainnya. Menggabungkan nilai-nilai dari dua sistem dapat menghasilkan ketidaksesuaian dengan standar ini.

1.3 Standar ini tidak dimaksudkan untuk mengatasi seluruh masalah keselamatan, jika ada, terkait dengan penggunaannya. Hal ini merupakan tanggung jawab pemakai standar untuk menetapkan keselamatan dan praktik yang tepat untuk kesehatan dan menentukan penerapan batasan peraturan sebelum digunakan.

1. Scope

1.1 This test method covers determination of the flexural strength of concrete specimens by the use of a simple beam with center-point loading. It is not an alternative to Test Method C78/C78M.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Acuan normatif

2.1 Standar ASTM:

C31/C31M, *Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*.

C78/C78M, *Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third Point Loading)*.

C192/C192M, *Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*.

C617, *Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens*.

C1077, *Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

C31/C31M, Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C78/C78M, Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

C192/C192M, Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory

C617, Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens

C1077, Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for

Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation.

E4, *Practices for Force Verification of Testing Machines.*

Laboratory Evaluation

E4, Practices for Force Verification of Testing Machines

3. Arti dan kegunaan

3.1 Standar ini digunakan untuk menentukan modulus runtuh spesimen yang telah disiapkan dan dirawat sesuai dengan ASTM C31/C31M atau ASTM C192/C192M. Kekuatan yang ditentukan akan bervariasi karena perbedaan dalam ukuran spesimen, persiapan, kondisi kelembaban, atau perawatan.

3.2 Hasil dari metode uji ini dapat digunakan untuk menentukan kesesuaian terhadap spesifikasi atau sebagai dasar untuk menentukan proporsi, mencampur dan melaksanakan pengecoran. Metode uji ini menghasilkan nilai kekuatan lentur yang signifikan lebih besar dari ASTM C78/C78M.

4. Peralatan

4.1 Mesin pengujian harus memenuhi persyaratan dari ASTM E4 Pasal Verifikasi, Koreksi dan Interval Waktu Antara Verifikasi. Tidak diizinkan menggunakan mesin uji manual dengan pompa yang tidak menyediakan pembebanan menerus sampai runtuh dalam satu kali pembebanan. Boleh menggunakan pompa bermesin atau pompa manual dengan perpindahan positif yang mempunyai volume cukup untuk menyelesaikan pengujian dengan satu kali pembebanan menerus sampai runtuh dan harus mampu menerapkan beban dengan kecepatan yang sama tanpa kejutan atau terputus.

4.2 Peralatan Pembebanan - Mekanisme gaya yang diterapkan pada spesimen harus menggunakan blok pembebanan dan dua blok tumpuan spesimen. Harus dipastikan bahwa gaya yang diterapkan tegak lurus permukaan spesimen tanpa eksentrisitas. Diagram peralatan pembebanan ditunjukkan pada Gambar 1.

3. Significance and Use

3.1 This test method is used to determine the modulus of rupture of specimens prepared and cured in accordance with Practices C31/C31M or C192/C192M. The strength determined will vary where there are differences in specimen size, preparation, moisture condition, or curing.

3.2 The results of this test method may be used to determine compliance with specifications or as a basis for proportioning, mixing and placement operations. This test method produces values of flexural strength significantly higher than Test Method C78/C78M.

4. Apparatus

4.1 The testing machine shall conform to the requirements of the sections on Basis of Verification, Corrections, and Time Interval Between Verifications of Practices E4. Hand operated testing machines having pumps that do not provide a continuous loading to failure in one stroke are not permitted. Motorized pumps or hand operated positive displacement pumps having sufficient volume in one continuous stroke to complete a test without requiring replenishment are permitted and shall be capable of applying loads at a uniform rate without shock or interruption.

4.2 *Loading Apparatus* – The mechanism by which forces are applied to the specimen shall employ a load-applying block and two specimen support blocks. It shall ensure that all forces are applied perpendicular to the face of the specimen without eccentricity. A diagram of an apparatus that accomplishes this purpose is shown in Fig. 1.

4.2.1 Semua peralatan untuk membuat uji lentur dengan beban terpusat di tengah bentang harus sama dengan Gambar 1 dan pertahankan panjang bentang dan posisi tengah blok beban terhadap blok tumpuan konstan tidak lebih dari $\pm 1,0$ mm [$\pm 0,05$ in.].

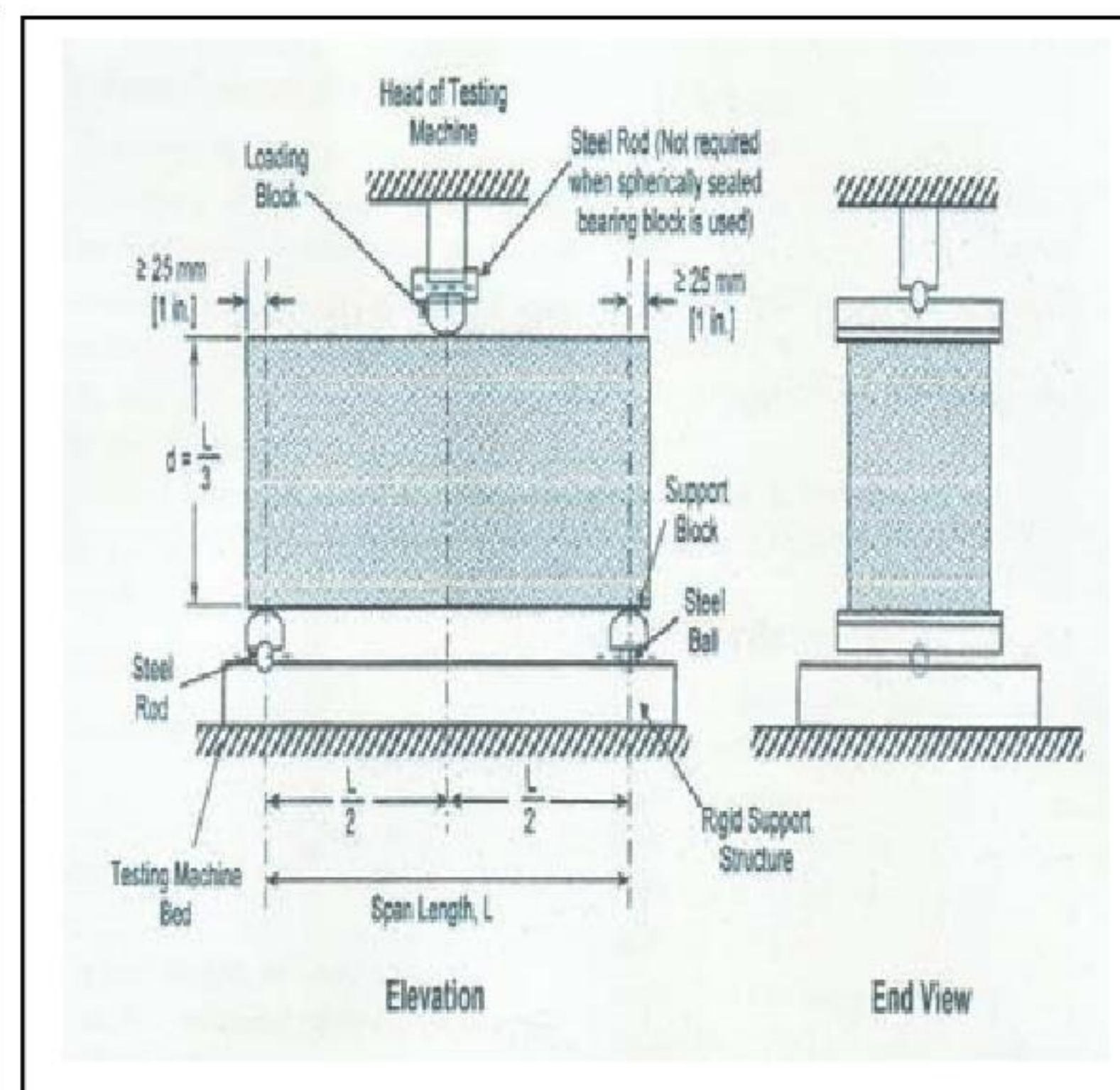
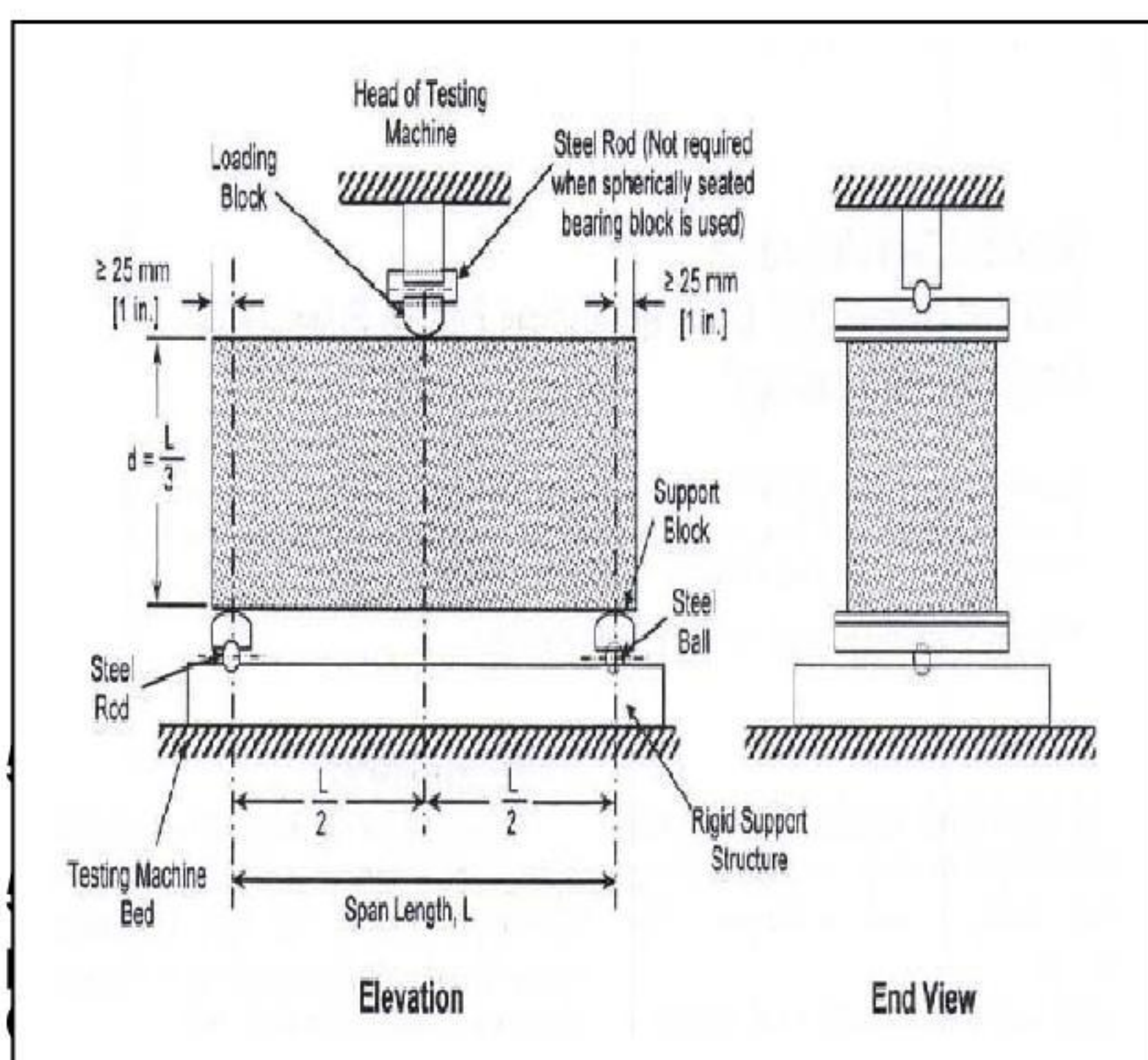
4.2.2 Reaksi harus sejajar terhadap arah beban yang diterapkan selama pengujian berlangsung, dan rasio jarak horizontal antara titik penerapan beban ke reaksi terdekat terhadap tinggi balok harus $1,5 \pm 2$ %.

4.2.3 Tinggi blok beban dan blok tumpuan tidak boleh lebih dari 65 mm [2,50 in.], diukur dari pusat atau sumbu *pivot*, dan mempunyai lebar minimal selebar spesimen. Permukaan tumpuan keras harus tetap menyentuh specimen dan tidak boleh menyimpang dari bidang lebih dari 0.05 mm [0,002 in.] dan harus merupakan bagian dari silinder, dalam hal ini sumbu yang dimaksud sama dengan sumbu batang atau pusat bola, tempat dimana blok berputar. Sudut yang terbentuk oleh permukaan melengkung dari setiap blok paling sedikit 45° [0.80 rad]. Blok beban dan blok tumpuan harus dijaga dalam posisi vertikal dan menyentuh batang atau bola seolah-olah dipegangi oleh sekrup pegas. Batang pada pusat blok beban seperti Gambar 1 dapat diabaikan jika blok tumpuan dudukan *spherical* digunakan.

4.2.1 All apparatus for making center-point loading flexure tests shall be similar to Fig. 1 and maintain the span length and central position of the load-applying block with respect to the support blocks constant within ± 1.0 mm [± 0.05 in.].

4.2.2 Reactions shall be parallel to the direction of the applied load at all times during the test, and the ratio of the horizontal distance between the point of load application and nearest reaction to the depth of the beam shall be 1.5 ± 2 %.

4.2.3 The load-applying and support blocks shall not be more than 65 mm [2.50 in.] high, measured from the center or the axis of pivot, and shall extend at least across the full width of the specimen. Each hardened bearing surface in contact with the specimen shall not depart from a plane by more than 0.05 mm [0.002 in.] and shall be a portion of a cylinder, the axis of which is coincidental with either the axis of the rod or center of the ball, whichever the block is pivoted upon. The angle subtended by the curved surface of each block shall be at least 0.80 rad [45°]. The load-applying and support blocks shall be maintained in a vertical position and in contact with the rod or shall by means of spring-loaded screws that hold them in contact with the pivot rod or ball. The rod in the center load-applying block in Fig. 1 may be omitted when a spherically seated bearing block is used.



balok dan harus memiliki bentang uji dengan toleransi 2% dari tiga kali tinggi balok. Sisi spesimen harus tegak lurus terhadap bagian atas dan bawah. Semua permukaan harus halus dan bebas dari goresan, lekukan, lubang, atau tanda identifikasi.

5.2 Teknisi yang melakukan pengujian balok beton untuk uji penerimaan harus sesuai dengan ASTM C1077 termasuk ASTM C293/C293M sebagai metode uji yang relevan.

CATATAN 1 Laboratorium pengujian yang melakukan metode uji ini dapat dievaluasi sesuai dengan ASTM C1077

6. Prosedur

6.1 Uji lentur dari spesimen yang telah dirawat lembab harus dilakukan segera setelah dipindahkan dari ruang perawatan lembab. Pengeringan permukaan specimen akan menghasilkan pengurangan modulus runtuh yang terukur.

6.2 Letakkan spesimen uji pada tempatnya seperti posisi pada saat dicetak dan pasang di tengah blok tumpuan. Pasang sistem pembebanan di tengah terkait dengan gaya yang bekerja. Letakkan blok beban sampai menyentuh permukaan specimen di tengah bentang dan terapkan beban antara 3 % dan 6% dari estimasi beban ultimit. Dengan menggunakan *feeler gages* tipe daun berukuran 0,10 mm [0,004 in.] dan 0,40 mm [0,015 in.], tentukan apakah ada celah antara specimen dan blok beban atau blok tumpuan yang lebih besar atau lebih kecil dari setiap *gages* sepanjang 25 mm [1 in.] atau lebih. Gerinda, tutup, atau gunakan lapisan bantalan (*shim*) dari bahan kulit pada permukaan kontak spesimen untuk menghilangkan setiap celah yang lebih dari 0,10 mm [0,004 in.]. Bantalan (*shim*) kulit tersebut harus memiliki ketebalan yang seragam sebesar 6 mm [0,25 in.], lebar 25 mm sampai 50 mm [1,0 in. sampai 2,0 in.], dan harus membentang selebar spesimen. Celah yang melebihi 0,40 mm [0,015 in.] harus dihilangkan dengan kaping (*capping*) atau gerinda. Penggerindaan pada permukaan

specimens and shall have a test span within 2 % of being three times in depth as tested. The sides of the specimen shall be at right angles with the top and bottom. All surfaces shall be smooth and free of scars, indentations, holes, or inscribed identification marks.

5.2 The individual who tests concrete beams for acceptance testing shall meet the concrete laboratory requirements of Practice C1077 including Test Method C293/C293M as a relevant test.

NOTE 1 The testing laboratory performing this test method may be evaluated in accordance with Practice C1077.

6. Procedure

6.1 Flexural tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practical after removal from moist storage. Surface drying of the specimen results in a reduction in the measured modulus of rupture.

6.2 Turn the test specimen on its side with respect to its position as molded and center it on the support blocks. Center the loading system in relation to the applied force. Bring the load-applying block in contact with the surface of the specimen at the center and apply a load of between 3 and 6 % of the estimated ultimate load. Using 0.10 mm [0.004 in.] and 0.40 mm [0.015 in.] leaf-type feeler gages, determine whether any gap between the specimen and the load-applying or support blocks is greater or less than each of the gages over a length of 25 mm [1 in.] or more. Grind, cap, or use leather shims on the specimen contact surface to eliminate any gap in excess of 0.10 mm [0.004 in.]. Leather shims shall be of uniform 6 mm [0.25 in.] thickness, 25 to 50 mm [1.0 to 2.0 in.] in width, and shall extend across the full width of the specimen. Gaps in excess of 0.40 mm [0.015 in.] shall be eliminated only by capping or grinding. Grinding of lateral surfaces shall be minimized in as much as grinding may change the physical characteristics of the specimens. Capping shall be in accordance with applicable

lateral harus diminimalisir karena dapat merubah karakteristik fisik dari spesimen. Kaping (*capping*) harus sesuai dengan ASTM C617.

6.3 Bebani specimen secara terus menerus dan tanpa kejutan. Pembebanan dilakukan dengan kecepatan konstan sampai runtuh. Berikan beban hingga tegangan maksimum pada permukaan tarik bertambah pada kecepatan antara 0,9 MPa/menit dan 1,2 MPa/menit [125 psi/menit dan 175 psi/menit]. Kecepatan pembebanan dihitung menggunakan persamaan:

$$r = \frac{2Sbd^2}{3L} \quad (1)$$

Keterangan:

r adalah kecepatan pembebanan, N/menit [lb/menit],

S adalah kecepatan kenaikan tegangan maksimum pada permukaan tarik, MPa/menit [psi/menit],

b adalah lebar rata-rata spesimen, mm [in.],

d adalah tinggi rata-rata spesimen, mm [in.], dan

L adalah panjang bentang, mm [in.].

7. Pengukuran spesimen setelah pengujian

7.1 Untuk menentukan dimensi dari penampang spesimen yang digunakan dalam perhitungan modulus runtuh, ukur penampang salah satu permukaan yang runtuh setelah pengujian. Lebar dan tinggi spesimen yang diukur seperti pada saat pengujian. Untuk setiap dimensi, ambil satu ukuran pada setiap sisi dan satu dipusat penampang. Gunakan tiga pengukuran pada setiap arah untuk menentukan lebar dan tinggi rata-rata. Ambil semua pengukuran mendekati 1 mm [0,05 in.]. Jika terjadi runtuh pada bagian yang dikaping, ketebalan kaping (*capping*) termasuk dalam pengukuran.

8. Perhitungan

8.1 Hitung modulus runtuh sebagai berikut:

sections of Practice C617.

6.3 Load the specimen continuously and without shock. The load shall be applied at a constant rate to the breaking point. Apply the load so that the maximum stress on the tension face increases at a rate between 0.9 and 1.2 MPa/min [125 and 175 psi/min]. The loading rate is computed using the following equation:

$$r = \frac{2Sbd^2}{3L} \quad (1)$$

Where:

r = loading rate, N/min [lb/min],

S = rate of increase in the maximum stress on the tension face, MPa/min [psi/min],

b = average width of the specimen as oriented for testing, mm [in.],

d = average depth of the specimen as oriented for testing, mm [in.], and

L = span length, mm [in.].

7. Measurement of Specimens After Test

7.1 To determine the dimensions of the specimen section for use in calculating modulus of rupture, take measurements across one of the fractured faces after testing. The width and depth are measured with the specimen as oriented for testing. For each dimension, take one measurement at each edge and one at the center of the cross section. Use the three measurements for each direction to determine the average width and the average depth. Take all measurements to the nearest 1 mm [0.05 in.]. If the fracture occurs at a capped section, include the cap thickness in the measurement.

8. Calculation

8.1 Calculate the modulus of rupture as follows :

$$R = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2)$$

Keterangan:

R adalah modulus runtuh, MPa [psi],
 P adalah beban maksimum yang diterapkan ditunjukkan oleh mesin uji, N [lbf],
 L adalah panjang bentang, mm [in.],
 b adalah lebar rata-rata spesimen di daerah runtuh, mm [in.], dan
 d adalah tinggi rata-rata spesimen di daerah runtuh, mm [in.].

CATATAN 2 Berat balok tidak termasuk dalam perhitungan di atas.

9. Laporan

9.1 Laporkan informasi berikut:

- 9.1.1 Nomor identifikasi,
- 9.1.2 Lebar rata-rata pada jarak mendekati 1 mm [0,05 in.], di daerah runtuh,
- 9.1.3 Tinggi rata-rata pada jarak mendekati 1 mm [0,05 in.], di daerah runtuh,
- 9.1.4 Panjang bentang, mm [in.],
- 9.1.5 Beban maksimum yang diterapkan, N [lbf],
- 9.1.6 Modulus runtuh dihitung mendekati 0,05 MPa [5 psi],
- 9.1.7 Catat kondisi perawatan dan kelembaban spesimen pada waktu pengujian,
- 9.1.8 Jika spesimen menggunakan kaping (*capping*), diratakan, atau jika bantalan (*shim*) kulit digunakan,
- 9.1.9 Cacat pada spesimen, dan
- 9.1.10 Umur spesimen.

10. Presisi dan bias

10.1 Presisi- Koefisien variasi hasil uji telah diamati tergantung pada tingkat kekuatan balok. Koefisien variasi operator tunggal telah didapat sebesar 4,4%. Oleh karena itu, hasil dua pengujian oleh operator yang sama pada balok yang dibuat dari *batch* sampel yang sama tidak boleh

$$R = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2)$$

Where :

R = modulus of rupture, MPa [psi],
 P = maximum applied load indicated by the testing machine, N [lbf],
 L = span length, mm [in.],
 b = average width of specimen, at the fracture, mm [in.], and
 d = average depth of specimen, at the fracture, mm [in.].

NOTE 2 The weight of the beam is not included in the above calculation.

9. Report

9.1 Report the following information :

- 9.1.1 Identification number,
- 9.1.2 Average width to the nearest 1 mm [0.05 in.], at the fracture,
- 9.1.3 Average depth to the nearest 1 mm [0.05 in.], at the fracture,
- 9.1.4 Span length in mm [in.],
- 9.1.5 Maximum applied load in N [lbf],
- 9.1.6 Modulus of rupture calculated in the nearest 0.05 MPa [5 psi],
- 9.1.7 Record of curing and apparent moisture condition of the specimens at the time of test,
- 9.1.8 If specimens were capped, ground, or if leather shims were used,
- 9.1.9 Defects in specimens, and
- 9.1.10 Age of specimens.

10. Precision and Bias

10.1 *Precision* – The coefficient of variation of test results has been observed to be dependent on the strength level of the beams. The single operator coefficient of variation has been found to be 4.4 %. Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator on beams made from the same batch sample

berbeda lebih dari 12%. Koefisien variasi multi-laboratorium telah didapat sebesar 5,3%. Oleh karena itu, hasil dari dua laboratorium yang berbeda pada balok yang dibuat dari *batch* sampel yang sama tidak boleh berbeda lebih dari 15 %.

10.2 Bias- Karena tidak ada standar yang memenuhi untuk menentukan bias dalam metode uji ini, maka tidak ada pernyataan bias yang dibuat.

11. Kata kunci

11.1 balok; beton; pengujian kekuatan lentur; modulus runtuh.

are not expected to differ from each other by more than 12 %. The multilaboratory coefficient of variation has been found to be 5.3 %. Therefore, results of two different laboratories on beams made from the same batch sample are not expected to differ from each other by more than 15 %.

10.2 *Bias*—Because there is no accepted standard for determining bias in this test method, no statement on bias is made.

11. Keywords

11.1 beams; concrete; flexural strength testing; modulus of rupture.











BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3,4,7,10
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id